FA043147

ISSN 0335-3931

norme européenne
norme française

NF EN 12390-4
Août 2000

Indice de classement : **P 18-441**

ICS : 91.100.30

Essais pour béton durci

Partie 4 : Résistance en compression — Caractéristiques des machines d'essai

E : Testing hardened concrete — Part 4: Compressive strength — Specification for testing machines
D : Prüfung von Festbeton — Teil 4: Bestimmung der Druckfestigkeit — Festlegung von Prüfmaschinen

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 juillet 2000 pour prendre effet le 20 août 2000.

Correspondance

La Norme européenne EN 12390-4:2000 a le statut d'une norme française.

Analyse

Le présent document spécifie les exigences relatives aux performances des machines d'essai pour la mesure de la résistance du béton à la compression.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : béton, essai, essai de compression, matériel d'essai, organe de machine, caractéristique, spécification, vérification, précision, étalonnage, information.

Modifications

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55

1er tirage 2000-08-F

Bétons AFNOR P18B

Membres de la commission de normalisation

Président : M COSTE

Secrétariat : M BERGIER — AFNOR

M	ALEXANDRE	CTPL
M	ALVAREZ	CHBRE SYND DES ENTREPRENEURS
M	AMIAND	CERIB
M	BESSET	SNBPE
M	BOUINEAU	CEBTP
M	BOUTIN	SOCOTEC
M	BROCHERIEUX	SPIE-BATIGNOLLES
M	CHARONNAT	LCPC
M	COQUILLAT	CEBTP
M	COSTE	AIPCR
M	DE LA JUGANNIERE	PEM PECHINEY
M	DELORT	ATILH
MLLE	DUBOIS	CERIB
M	ETIENNE	DAEI
M	FAUVEAU	ATILH
M	GARCIA	LAFARGE BETONS GRANULATS
M	GROSJEAN	UNM
M	GUIBON	UNIBETON SA
M	HAWTHORN	ARENA
M	HRABOVSKY	BNTEC ASSOCIATION
M	JACQUES	LCPC
M	LAINE	FIB
M	MAFFIOLO	EDF DION PRODUCTION TRANSPORT
M	MAILLOT	GROUPE RMC
M	MIERSMAN	SURSCHISTE SA
M	MONACHON	CAMPENON BERNARD SGE
M	MORIN	SNCF
M	NAPROUX	SIFRACO
M	NOVAK	SIKA SA
M	OLIVIER	EDF
MME	PAILLERE	
M	PIKETTY	PIKETTY FRERES
M	PIMIENTA	CSTB
M	POITEVIN	INGENIEUR CONSEIL
M	POULALION	PEM PECHINEY
M	RESSE	ABROTEC SARL
M	ROUGEAUX	GIE EUROMATEST SIN
M	SCHMOL	SNBATI
M	THONIER	SPETPFOM
M	VALLES	CERIB
MLLE	VINCENSINI	AFNOR

Avant-propos national

Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

EN ISO 7500-1	*: NF EN ISO 7500-1 (indice de classement : A 03-002)*
EN 10002-3	*: NF EN 10003-2 (indice de classement : A 03-003)*
prEN 12390-1	*: NF EN 12390-1 (indice de classement : P 18-430)* [1]
ISO 4287	*: NF EN ISO 4287 (indice de classement : E 05-015)*
ISO 6507-1	*: NF EN ISO 6507-1 (indice de classement : A 03-154-1)*

1) En préparation.

NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD

EN 12390-4

Avril 2000

ICS : 91.100.30

Version française

Essais pour béton durci —
Partie 4 : Résistance en compression —
Caractéristiques des machines d'essai

Prüfung von Festbeton —
Teil 4: Bestimmung der Druckfestigkeit —
Festlegung von Prüfmaschinen

Testing hardened concrete —
Part 4: Compressive strength —
Specification for testing machines

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 1er novembre 1999.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version faite dans une autre langue par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

Réf. n° EN 12390-4:2000 F

Sommaire

Avant-propos

Le présent document a été préparé par le CEN/TC 104 «Béton».

Le présent document doit être mis en application au niveau national, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en octobre 2000 et les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en octobre 2000.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre le présent document en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

La présente Norme Européenne fait partie d'une série de normes traitant d'essais pour le béton durci.

Au cours des années 1980, un certain nombre de membres du CEN ont jugé qu'il était nécessaire d'élaborer des normes de spécifications précises pour définir les prescriptions s'appliquant aux machines dans lesquelles les éprouvettes de bétons sont essayées en compression. La présente Norme Européenne a été élaborée à la suite de ce mouvement et pour pallier le manque actuel de norme européenne.

En 1996, un projet de cette norme a été publié pour l'enquête CEN comme prEN 12390. Il a fait partie d'une série de méthodes d'essai pour béton frais ou durci numérotées séparément. Pour plus de commodité, il a été décidé d'intégrer ces projets de normes individuels dans trois nouvelles norme avec parties individuelles pour chaque méthode comme suit :

— Essai pour béton frais (prEN 12350:1999) ;

— Essai pour béton durci (prEN 12390:1999) ;

— Essai pour béton dans les structures (prEN 12504:1999).

Ces séries prEN 12390 et prEN 12504 comportent les parties suivantes où les parenthèses donnent les numéros sous lesquels les méthodes d'essai particulières ont été publiées pour l'enquête CEN.

prEN 12390 Essai pour béton durci

— *Partie 1 : Forme, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules (autrefois prEN 12356:1996)*

— *Partie 2 : Confection et conservations des éprouvettes pour essais de résistance (autrefois prEN 12379:1996)*

— *Partie 3 : Résistance en compression des éprouvettes (autrefois prEN 12394:1996)*

— *Partie 4 : Résistance en compression — Caractéristiques des machines d'essai (autrefois prEN 12390:1996)*

— *Partie 5 : Résistance en flexion des éprouvettes (autrefois prEN 12359:1996)*

— *Partie 6 : Résistance en traction par fendage d'éprouvettes (autrefois prEN 12362:1996)*

— *Partie 7 : Masse volumique du béton (autrefois prEN 12363:1996)*

— *Partie 8 : Profondeur de pénétration d'eau sous pression (autrefois prEN 12364:1996).*

prEN 12504 Essai pour béton dans les structures

— *Partie 1 : Carottes — Prélèvement, examen et essai de résistance en compression (autrefois prEN 12504:1996)*

— *Partie 2 : Essai non-destructif — Détermination de l'indice de rebondissement (autrefois prEN 12398:1996)*

— *Partie 3 : Détermination de la force d'arrachement (autrefois prEN 12399:1996)*

— *Partie 4 : Essai non destructif — Détermination de la vitesse de propagation du son (autrefois prEN 12396:1998).*

Trois catégories de machines d'essai sont actuellement reconnues, qui correspondent à des précisions d'échelle de 1 %, 2 % et 3 %. Il est évident que ces classes d'exactitude ont un effet direct sur l'exactitude du résultat des essais et il incombe à chaque pays de décider s'il faut limiter la gamme des classes de machines à 1 % et 2 % par exemple.

L'exigence de la présente Norme Européenne concernant la manière du transfert de force est aussi importante par rapport à l'effet sur la résistance mesurée à la compression. Cependant, il est peut-être difficile de satisfaire à cette exigence sur certaines machines d'essai anciennes. Il incombe donc à chaque pays de décider si, maintenant, cette exigence doit s'appliquer uniquement aux nouvelles machines telle qu'elle est donnée dans la présente norme, ou si elle doit s'appliquer immédiatement à toutes les machines.

Les exigences appliquées aux machines d'essai définies dans la présente Norme Européenne ont été formulées pour satisfaire aux besoins des essais de compression sur des éprouvettes en béton spécifiés dans l'EN 206. Les machines conformes à la présente norme peuvent convenir à d'autres utilisations, à condition de prendre à chaque fois les précautions relatives à chaque essai. Il faut notamment prendre des précautions particulières avant d'utiliser les machines conformes à la présente norme pour des essais de compression sur des éprouvettes de petites dimensions, par exemple avec des côtés nettement inférieurs à 100 mm. Le problème principal vient de ce que le logement sphérique du plateau supérieur est trop important pour se placer de façon satisfaisante sur le sommet de ces éprouvettes et il est donc nécessaire de procéder à des adaptations particulières. L'autre problème est l'aptitude à déterminer avec exactitude la charge de rupture de petites éprouvettes ou d'éprouvettes de faible résistance.

Les annexes A et B de cette norme européenne sont normatives.

1 Domaine d'application

La présente Norme Européenne spécifie les exigences relatives aux performances des machines d'essai pour la mesure de la résistance du béton à la compression.

2 Références normatives

Cette Norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette Norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

EN 12390-1:1999, *Essai pour béton durci — Partie 1 : Forme, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules.*

EN 10002-2:1998, *Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 2 : Étalonnage du système de mesure de la charge de la machine d'essai de traction.*

EN 10002-3, *Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 3 : Étalonnage des instruments de mesure de force pour vérifier les machines d'essai uniaxiale.*

ISO 409-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté — Tableaux des valeurs de dureté Vickers pour utilisation dans les essais effectués sur surfaces planes — Partie 1 : HV 5 à HV 100.*

ISO 6507-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté — Essai Vickers — Partie 1 : HV 5 à HV 100.*

ISO 468, *Rugosité de surface — Paramètres, leurs valeurs et les règles générales de la détermination des spécifications.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme européenne, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1
plateaux auxiliaires
plateaux distincts destinés à protéger les plateaux de la machine, et dont les dimensions sont en général spécifiques à l'éprouvette testée

3.2
zone de contact
partie du plateau en contact avec l'éprouvette

3.3
force mesurée
force indiquée sur l'échelle graduée de la machine ou affichée sur son écran

3.4
plage d'indication
totalité de la plage dans laquelle peut varier toute indication de la force entre zéro et son maximum

3.5
plateaux de la machine
plateaux inférieur et supérieur avec siège sphérique (rotule), centrés tous deux sur l'axe vertical de la machine

3.6
plage de mesurage
fourchette de la plage d'indication de la force sur laquelle la machine doit être conforme aux valeurs d'exactitude spécifiées dans la présente Norme Européenne

3.7
erreur relative sur l'exactitude

3.7.1
charges réelles
écart entre la force mesurée moyenne et la force vraie, exprimé en pourcentage de la force vraie

3.7.2
charges indiquées
différence entre la force vraie moyenne et la force mesurée, exprimée en pourcentage de la force mesurée

3.8
erreur relative de répétabilité

3.8.1
charges réelles
écart le plus important entre les forces mesurées correspondant à des applications répétées d'une force vraie, exprimé en pourcentage de la force vraie

3.8.2
charges indiquées
écart le plus important entre les forces vraies correspondant à des applications répétées d'une force indiquée, exprimé en pourcentage de la force indiquée

3.9
résolution de la force
plus petite évolution de force qui peut être évaluée, estimée ou mesurée quelle que soit la plage d'indication de la force (voir annexe B)

3.10
cales de réglage
blocs métalliques destinés à régler l'espace disponible pour les essais d'éprouvettes

3.11
force vraie
force indiquée sur un dynamomètre dispositif étalon de vérification de la force

4 Construction des machines

4.1 Plateaux de la machine, plateaux auxiliaires et cales de réglage

NOTE 1 L'utilisation de plateaux auxiliaires est facultative.

Les plateaux de la machine et les plateaux auxiliaires doivent être réalisés dans un matériau non susceptible de subir des déformations irréversibles en cours d'utilisation.

La dureté des plateaux de la machine et des plateaux auxiliaires, lorsqu'elle est essayée conformément à la norme ISO 6507-1, doit être égale à 550 HV 30 (HRC 53) au moins.

La tolérance sur la planéité des plateaux de la machine et des plateaux auxiliaires doit être égale à 0,03 mm pour la zone en contact avec l'éprouvette.

NOTE 2 Pour les besoins de la présente norme européenne, la planéité peut être évaluée en mesurant la rectitude selon quatre positions (voir Annexe B de l'EN 12390-1:1999).

La valeur de rugosité (R_a) de la surface de contact des plateaux de la machine et des plateaux auxiliaires doit être comprise entre 0,4 µm et 3,2 µm, lorsqu'elle est évaluée conformément à l'ISO/R468.

La surface de contact des plateaux de la machine avec l'éprouvette doit être au moins égale à celle de l'échantillon essayé.

La distance entre chacun des côtés opposés d'un plateau auxiliaire carré, ou le diamètre d'un plateau circulaire auxiliaire, ne doit pas être inférieure à la taille théorique de l'éprouvette.

Les deux faces de contact des plateaux auxiliaires doivent être parallèles à 0,05 mm près.

L'épaisseur des plateaux auxiliaires doit être égale à au moins 23 mm.

S'il est nécessaire de réduire l'écart entre les plateaux de la machine, il est possible d'utiliser jusqu'à quatre cales de réglage.

La section des cales de réglage doit être circulaire ou carrée et doit être convenablement soutenue par en dessous.

NOTE 3 Un minimum de 200 mm pour le diamètre ou la longueur latérale des blocs de réglage est recommandé.

Les cales de réglages doivent respecter les tolérances sur le parallélisme et la planéité spécifiées pour les plateaux auxiliaires (voir articles 4.1.4 et 4.1.8).

Les cales de réglages ne doivent pas entrer en contact avec les éprouvettes.

Les cales de réglage doivent être placées fermement et dans l'axe vertical de la machine.

4.2 Mesurage de la force

4.2.1 Indicateur de la force

1) La machine doit être équipée :
   - d'écrans à affichage numérique ou de cadrans permettant un affichage de la force en respectant l'exactitude demandée (voir B.1.2) ;
   - d'un système permettant de lire la force maximale atteinte à la fin de l'essai, jusqu'à la remise à zéro ;
   - d'écrans qui puissent être lus depuis le poste de travail de l'opérateur ;
2) la plus petite valeur vérifiable (voir B.1.4) de chaque plage de mesure doit être inférieure ou égale à 20 % de la valeur maximale de la plage de mesurage. Si la machine est équipée de plusieurs plages de mesurage, cette prescription s'applique à chacune des plages ;
3) le système d'indication de la force de la machine ne doit pas être affecté par une possible rupture par explosion de l'éprouvette.

4.2.2 Vérification de l'indicateur de force

Les indicateurs de force doivent être vérifiés et doivent être conformes aux exigences énumérées dans le Tableau 1 correspondant à chaque classe d'exactitude de machine pour essai.

Tableau 1 — Tolérances sur l'indicateur de force

Classe de la machine	Erreur d'exactitude relative [b)] %	Erreur relative de répétabilité [b)] %	Erreur à zéro relative de la valeur maximale de l'échelle [b)] %	Résolution relative de la machine [a)] %
1	± 1,0	1,0	± 0,2	0,5
2	± 2,0	2,0	± 0,4	1,0
3	± 3,0	3,0	± 0,6	1,5

a) Voir la définition dans 5.3 de l'EN 10002-2:1998.

b) Les pourcentages indiqués sont les valeurs maximales admises pour les classes d'exactitude respectives de machine.

4.2.3 Répétabilité de l'indicateur de force

Les exigences du Tableau 1 doivent s'appliquer, suivant la classe d'exactitude de la machine, à chaque domaine de mesurage.

4.2.4 Précision de l'indicateur de force

L'exactitude de l'indication de force doit être maintenue pour les circonstances suivantes :

— variations de – 14 % à + 10 % de la tension d'alimentation ;

— température de (20 ± 10) °C ;

a) humidité relative pouvant aller jusqu'à 80 %.

NOTE Les interférences électriques ou autres peuvent affecter l'exactitude de l'indicateur de la force, et il peut s'avérer nécessaire de prendre des dispositions particulières visant à pallier ces interférences.

4.2.5 Écarts de linéarité

Si la puissance en courant continu fournie est proportionnelle à la force indiquée, l'écart de linéarité de la tension de sortie (exprimé en pourcentage de la tension maximale de sortie), ne doit pas dépasser les valeurs du Tableau 2.

Tableau 2 — Écart de linéarité de la tension de sortie

Écart maximal admissible de linéarité par rapport à la tension maximale de sortie	
Classe de machine	%
1	± 0,1
2	± 0,2
3	± 0,3

4.3 Contrôle de la force appliquée

1) La machine d'essai en compression doit être munie d'un système de contrôle. Celui-ci doit permettre la vérification de la machine et l'application de la force régulièrement et sans à-coups. Il doit aussi permettre l'application de la force à des vitesses constantes prescrites.

2) Le système de contrôle peut être à commande manuelle ou automatique.

3) Si la machine n'est pas munie d'un système d'application automatique de la force, un cadencimètre doit être installé pour permettre à l'opérateur de maintenir la vitesse spécifiée. Le cadencimètre doit indiquer une vitesse égale à la vitesse spécifiée ± 5 %.

4.4 Application de la force

1) Sauf dispositions nationales différentes, les paragraphes 4.4.5) à 4.4.8) ne doivent s'appliquer qu'aux nouvelles machines livrées après la mise en vigueur de la présente Norme Européenne.

2) Le plateau supérieur doit comporter une rotule. Le plateau supérieur et le logement de la rotule peuvent être fabriqués séparément ou d'un seul tenant.

3) Au stade de la conception, le fabricant doit s'assurer que l'axe de rotation coïncide avec le centre de la zone de contact du plateau de la machine et permet une rotation d'au moins 3°.

4) Au début de l'essai, au moment du contact initial, le plateau supérieur doit s'aligner avec la surface de l'éprouvette, ou un plateau auxiliaire, et il doit se bloquer automatiquement dans cette position pour le reste de l'essai.

5) La conception doit être telle que les exigences du Tableau 3 soient satisfaites.

6) Le transfert de la force doit être évalué au moyen d'un dispositif étalon comme décrit en annexe A, ou avec un dispositif équivalent.

7) La machine doit être conçue de façon à permettre l'utilisation des dispositifs décrits aux annexes A et B ou dispositifs semblables, pour vérifier :

- l'exactitude de l'indication de la force ;
- l'autoalignement du plateau supérieur de la machine ;
- dispositifs semblables, destinés à la vérification ;
- l'alignement des parties composant la machine ;
- la limitation des mouvements du plateau supérieur.

8) Une vérification de la machine menée conformément à l'annexe A, ou méthode équivalente, doit donner des résultats conformes au Tableau 3.

Tableau 3 — Valeurs maximales admises pour le taux de contrainte moyen, l'écart le plus important par rapport à ce taux, et le taux de contrainte par mm de déplacement

Force	Autoalignement du plateau supérieur	Alignement des éléments de la machine	Limitations du mouvement du plateau supérieur
kN	Taux de contrainte maximal pour la 1[re] inclinaison du plateau	Taux de contrainte maximal par pont de mesure	Taux de contrainte maximal admis par mm de déplacement
200	0,10	± 0,10	0,06
2 000	S/O	S/O	0,04

NOTE La force la plus importante appliquée (utilisée uniquement pour tester le dispositif limitant les mouvements du plateau supérieur) doit correspondre à la capacité maximale de la machine ou à 2 000 kN, la valeur la plus faible étant retenue.

4.5 Emplacement de l'éprouvette

1) Afin de garantir un emplacement correct de l'éprouvette par rapport à l'axe de mise en charge, le plateau inférieur de la machine doit être muni de lignes de centrage, ou de gabarits de centrage, ou de tout autre moyen permettant le centrage de l'éprouvette ;

2) si l'emplacement physique positif doit servir de méthode de référence pour le positionnement des éprouvettes et des plateaux auxiliaires, les dispositifs de positionnement ne doivent pas empêcher la déformation de l'éprouvette pendant l'essai ;

3) la largeur et la profondeur des lignes de centrage doivent, le cas échéant, être respectivement inférieures ou égales à 0,5 mm en largeur et 1,0 mm en profondeur.

5 Vérification de la machine

5.1 Caractéristiques à vérifier

La vérification d'une machine d'essai pour assurer des conditions d'exploitation correctes doit porter sur :

— l'exactitude du système d'indication de force ;

— le transfert de la force ; (pour les nouvelles machines uniquement, sauf dispositions nationales différentes) ;

— la planéité des plateaux ;

— la maîtrise de la vitesse d'application de la force.

5.2 Fréquence des vérifications

1) La vérification requise en 5.1 doit être effectuée à la première installation de la machine ;

2) la fréquence des vérifications ultérieures doit être effectuée au rythme stipulé par un système qualité accrédité ou tous les ans, et après :

   - tout déplacement ;
   - toute réparation ou tout remplacement d'une pièce, susceptible d'affecter les caractéristiques vérifiées en 5.1.

6 Informations à fournir par le fournisseur/constructeur

6.1 Spécification

Le fournisseur/constructeur doit indiquer les informations minimales suivantes dans la brochure de spécifications de la machine d'essai :

a) la classe d'exactitude de la machine d'essai, conformément à la présente Norme Européenne ;

b) la (les) plage(s) d'indication ;

c) la (les) plage(s) de mesurage ;

d) la description de l'indicateur de mesurage ;

e) les dimensions des plateaux ;

f) les dimensions des plateaux auxiliaires (le cas échéant) ;

g) les hauteurs minimales et maximales entre les plateaux, et l'accès latéral maximal ;

h) la course maximale utilisable du coulisseau ;

i) la description de l'indicateur de force maximale (par exemple : indicateur de glissement, détecteur de pics).

6.2 Installation et branchement

Le fournisseur/fabricant doit fournir les informations minimales suivantes, relatives à l'installation et à la connexion :

a) les dimensions de la machine ;

b) le poids de la machine ;

c) le dessin des fondations (si nécessaire) ;

d) le détail des prescriptions électriques ;

e) les instructions détaillées relatives à l'exploitation.

6.3 Entretien

Le fournisseur/fabricant doit fournir les informations minimales suivantes, relatives à l'entretien :

a) le calendrier d'entretien, y compris les prescriptions relatives au siège de la rotule ;

b) le fluide à utiliser dans les circuits hydrauliques.

Annexe A

(informative)

Corps d'épreuve avec jauges de déformation et procédures d'épreuve pour les machines d'essai de compression

NOTE 1 Ces procédures sont prévues pour être mises en œuvre par des experts. Elles sont indiquées ici pour fournir une forme normalisée de matériel d'épreuve et de procédures à l'usage des laboratoires qualifiés pour effectuer cette vérification.

NOTE 2 S'il peut être prouvé que d'autres dispositifs et méthodes de vérification donneront une vérification comparable des exigences, l'utilisation de ces autres solutions est autorisée.

A.1 Corps d'épreuve avec jauges de déformation

Le corps d'épreuve avec jauges de déformation doit se présenter sous la forme d'un cylindre en acier nickel-chrome (par exemple, de type 826 M40 de la norme BS970 : partie 9-1991) à l'état revenu pour obtenir une valeur de dureté au moins égale à 370HV 30. Il doit avoir un diamètre égal à (100 ± 1) mm et une hauteur égale à (200 ± 1) mm. La tolérance sur la planéité aux extrémités doit être égale à 0,03 mm mais les surfaces ne doivent pas être convexes. La tolérance sur le parallélisme doit être égale à 0,06 mm. La tolérance sur la perpendicularité du cylindre par rapport à l'une des faces prise comme référence doit être de 0,03 mm. La tolérance sur la cylindricité aux extrémités doit être égale à 0,02 mm, et l'ensemble du cylindre doit respecter une tolérance sur la cylindricité de 0,04 mm. Des trous centrés aux extrémités du cylindre sont autorisés ; les dimensions maximales de ces trous de centrage doivent être de 15 mm pour le diamètre et de 15 mm pour la profondeur.

Le cylindre doit être équipé à l'aide de jauges de déformation résistives et à compensation en température. Utiliser quatre ponts complets, chacun étant centré à une extrémité de deux diamètres perpendiculaires pris à mi-hauteur du cylindre. Chaque pont doit être composé de deux éléments mesurant la déformation axiale et de deux éléments mesurant la déformation radiale, comme montré à la Figure 1. Chaque pont doit être équilibré d'un point de vue thermique et électrique.

Le corps d'épreuve doit être installé dans une boîte support et maintenu en place par des épaulements circulaires situés aux extrémités du cylindre. Le bord de chaque épaulement le plus proche de l'axe central du cylindre ne doit pas se situer à plus de 15 mm de l'extrémité la plus proche du cylindre. Les parois du cylindre doivent être marquées de lignes verticales visibles à l'extérieur de la boîte support, pour indiquer la position des axes centraux des ponts. Ces lignes doivent s'arrêter à plus de 20 mm de l'extrémité inférieure du cylindre.

Le corps d'épreuve doit être utilisé avec un interrupteur et une unité d'équilibrage qui permette l'équilibrage des indications des quatre ponts à l'état non sollicité, puis la sélection des puissances des ponts grâce à un interrupteur.

NOTE Il est également possible d'opter pour un affichage simultané des quatre indications des ponts si l'on dispose de moyens pour vérifier et, le cas échéant, équilibrer immédiatement la sensibilité des quatre canaux, avant de réaliser une série de mesures.

Le corps d'épreuve à jauges de déformation doit être utilisé avec un système de mesure des contraintes qui lui soit propre.

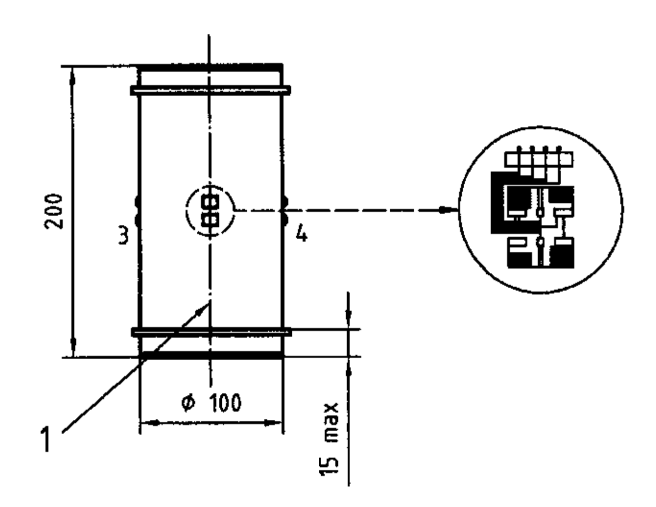
La limite maximale d'erreur du système de mesure des déformations doit être égale à ± 0,1 % ou à cinq micro-contraintes, la valeur la plus grande étant retenue.

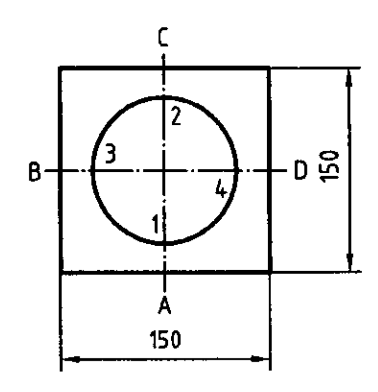
Le corps d'épreuve à jauges de déformation munie de son système de mesure doit être étalonné par rapport aux étalons nationaux au moins tous les deux ans.

A.2 Procédure de vérification de l'autoalignement du plateau supérieur de la machine et des pièces composant la machine

Centrer le dispositif sur le plateau inférieur de la machine ou un plateau auxiliaire carré de 150 mm, comme illustré en Figure A.2. Désigner les points centraux des arêtes du plateau, ou du plateau auxiliaire, par les lettres A, B, C et D, et les positions des quatre ponts sur le dispositif, par les chiffres 1, 2, 3 et 4.

Dimensions en millimètres





Légende

1 Axes centraux des ponts

Figure A.1 — Équipage du dispositif

Figure A.2 — Positionnement

Mesurer les distances entre le centre de chacune des arêtes supérieures du plateau de positionnement et le point le plus proche de l'arête inférieure du dispositif, puis régler la position du dispositif jusqu'à ce que l'écart entre deux mesurages effectués entre les arêtes opposées des plateaux et le dispositif soit inférieur à 0,10 mm.

NOTE Ceci peut être facilité en fixant une butée sur l'arête du plateau et en utilisant des blocs de réglage correctement usinés pour centrer le dispositif, ou en utilisant un gabarit repéré pour ce dispositif particulier.

Actionner la machine pour amener le sommet du dispositif à 5 mm au plus du plateau supérieur et incliner le plateau supérieur vers le bas, vers le point A, de part et d'autre de l'axe BD, soit sur toute sa longueur, soit jusqu'à ce qu'il entre en contact avec le dispositif. Puis le laisser remonter doucement et actionner la machine de façon à ce que le plateau supérieur de la machine s'aligne sur le dispositif. Augmenter lentement et sans à-coup la force indiquée sur le dispositif jusqu'à une valeur nominale. Maintenir cette force et noter les indications des quatre ponts.

Utiliser la moyenne e_m des quatre indications mesurées aux ponts (e_1, e_2, e_3 et e_4) pour calculer le taux de contrainte $(e_n - e_m) / e_m$ de chaque pont, en étant la contrainte mesurée au pont considéré.

Répéter l'essai, d'abord avec le plateau supérieur de la machine incliné vers le bas, vers le point C, selon l'axe BD, puis avec le plateau supérieur de la machine incliné vers le bas, vers le point B, de part et d'autre de l'axe AC, et enfin avec le plateau supérieur de la machine incliné vers le bas, vers le point D, de part et d'autre de l'axe AC.

Si le dispositif est correctement usiné et jaugé, les quatre ponts afficheront une sensibilité équivalente. Cependant, en cas de doute, effectuer de nouveaux relevés, d'abord avec le pont 1 en correspondance avec le point B, puis avec le pont 1 en correspondance avec le point C et enfin avec le pont 1 en correspondance avec le point D (voir Figure 2).

Il convient de faire une moyenne des relevés ainsi obtenus, et de ceux obtenus avec le pont 1 en face du point A, pour éliminer les différences de sensibilité des ponts du dispositif. Il convient de faire cela pour tous les relevés effectués aux quatre ponts.

A.3 Autoalignement du plateau supérieur de la machine

Mesurer le taux de contrainte pour les quatre ponts avec la première inclinaison du plateau et les comparer avec les prescriptions données au Tableau 3.

A.4 Alignement des pièces constituant la machine

Si l'auto-alignement est correct (voir A.3), calculer les taux de contrainte moyens pour chacun des quatre ponts et les comparer aux prescriptions du Tableau 3.

A.5 Procédure de vérification des limites du mouvement du plateau supérieur

Si l'auto-alignement et l'alignement sont corrects (voir A.3 et A.4), déplacer le dispositif de (6 ± 0,05) mm depuis le centre vers le point A le long de l'axe AC. Sans autre réglage du plateau supérieur de la machine, actionner la machine de façon à ce que le dispositif soit en contact avec ce plateau et appliquer la force en douceur. Enregistrer les indications des quatre ponts aux forces nominales. Veiller à ce que la puissance de chacun des quatre ponts soit relevée lorsque la force est maintenue constante. Si la valeur relevée dépasse la force nominale de moins de 10 % avant qu'elle puisse être maintenue constante, ne pas la diminuer avant d'effectuer les relevés. Si l'une des forces nominales est dépassée de plus de 10 %, recommencer l'essai.

Répéter ces relevés, après avoir déplacé le dispositif de (6 ± 0,05) mm de sa position centrale, d'abord vers le point C, le long de l'axe AC, puis, vers le point B, le long de l'axe BD, enfin vers le point D, le long de l'axe BD. Soit r, symbole du taux de contrainte, utiliser les indices 1, 2, 3 et 4 pour indiquer les positions des ponts sur la jauge de contrainte (comme indiqué Figure 2), et les indices a, b, c et d, pour noter le déplacement du cylindre vers les points A, B, C et D, de façon à ce que, par exemple, r_{1a} indique le taux de contrainte pour le pont n° 1 lorsque le cylindre est déplacé de 6 mm vers A.

Pour chaque force, calculer les variations du taux de contrainte par millimètre de décalage pour le déplacement le long de l'axe AC :

$$\frac{\left(r_{1c} - r_{2c}\right) - \left(r_{1a} - r_{2a}\right)}{24} \quad \text{... (A.1)}$$

et calculer la modification au taux de contrainte par millimètre pour le déplacement le long de l'axe BD, à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{\left(r_{3d} - r_{4d}\right) - \left(r_{3b} - r_{4b}\right)}{24} \quad \text{... (A.2)}$$

A.6 Exigences de sécurité

En utilisant le dispositif, veiller à ce que la force indiquée ne soit pas supérieure à la valeur spécifiée pour le dispositif, et ce, particulièrement lorsqu'il n'est pas centré.

Le dispositif doit être marqué lisiblement de la mention suivante **«force maximale admise exercée au centre»**.

NOTE Si le dispositif est surchargé alors qu'il n'est pas centré, les forces motrices horizontales, résultant d'une compression unilatérale du dispositif, peuvent excéder les forces de freinage dues à la friction entre les surfaces de compression de la machine d'essai et celles du dispositif, ce qui aurait pour effet de projeter violemment le dispositif hors de la zone d'essai.

Annexe B

(normative)

Procédures de vérification de l'application des forces

B.1 Généralités

B.1.1 Les forces appliquées par les machines d'essais uniaxiales sur des matériaux doivent être vérifiées conformément aux procédures décrites, de façon à permettre un classement. Afin de vérifier que la classe d'exactitude correspond bien à la résolution de l'indication de force, une limite inférieure de vérification doit être fixée.

B.1.2 Résolution (voir Tableau 1)

B.1.2.1 *Échelle analogique*

La largeur des marques de graduation qui définissent le plus petit intervalle sur l'échelle doit être uniforme et pratiquement égale à la largeur de l'aiguille. Si l'indication de la force se fait au moyen d'un enregistreur graphique, la largeur des lignes définissant le plus petit intervalle de graduation sur le diagramme doit être uniforme et pratiquement égale à la largeur du trait.

NOTE La largeur d'une marque de graduation ne doit pas dépasser la résolution permise pour une échelle considérée.

Un intervalle de graduation doit se subdiviser par estimation pour déterminer la résolution (r) comme suit :

a) lorsque la largeur de l'intervalle de graduation est égale à 2,5 mm au moins, la résolution correspond à un dixième de l'intervalle de l'échelle ;

b) lorsque la largeur de l'intervalle de graduation est égale à 1,25 mm au moins, et inférieure à 2,5 mm, la résolution doit correspondre à un cinquième de l'intervalle de graduation ;

c) lorsque la largeur de l'intervalle de graduation est inférieure à 1,25 mm, la résolution doit correspondre à la moitié de l'intervalle de l'échelle.

La résolution doit être exprimée en unité de force.

Si la force est indiquée par un enregistreur graphique, la largeur nominale et l'intervalle de graduation du papier graphique utilisés doivent être notés. La classification de la machine n'est applicable qu'avec un papier graphique du même type. En l'absence d'un dispositif qui alimente en puissance électrique d'étalonnage un enregistreur de diagrammes de façon à compenser les petites variations de largeur du papier graphique, alors la largeur globale du papier utilisé pendant la vérification doit être mesurée avec une exactitude équivalente à la résolution souhaitée. La largeur doit être notée. La largeur du papier graphique utilisé sous ces conditions doit correspondre à $\pm 2\ r$ de cette largeur.

B.1.2.2 *Échelle numérique*

La résolution doit être déterminée lorsque la machine d'essai est au repos et elle doit correspondre à la moitié de la fourchette de fluctuation de l'affichage numérique, mais ne doit pas être inférieure à un incrément de l'unité de comptage.

La résolution doit être exprimée en unités de force.

B.1.3 Vérification

La vérification doit être effectuée pour chaque système de mesurage de la force dont on doit déterminer la classe d'exactitude.

B.1.4 Limite inférieure de l'étalonnage

L'étalonnage ne doit pas être effectué au-dessous de la limite inférieure F_v, quel que soit le système de mesurage de la force étudié. La limite inférieure se détermine comme suit :

$$F_v = a \cdot r$$

où :

a correspond aux valeurs suivantes :
- 200 pour les machines de classe 1 ;
- 100 pour les machines de classe 2 ;
- 66,6 pour les machines de classe 3.

r est la résolution déterminée conformément à B.1.2.

NOTE La vérification ne doit être engagée que si la machine est en bon état de fonctionnement.

B.2 Dispositif étalon

L'équipement nécessaire à l'étalonnage doit être conforme au l'EN 10002-3 s'il est étalonné en mode de charge croissante. L'exigence de l'EN 10002-3 sur l'étalonnage en mode de charge décroissante ne s'applique pas à l'équipement de vérification de force utilisé pour la vérification des machines d'essai de compression spécifiées dans la présente norme européenne. La classe d'exactitude de l'équipement d'étalonnage de la force doit être égale ou supérieure à celle proposée pour la machine à vérifier.

L'équipement d'essai doit être étalonné par rapport aux étalons nationaux, au moins tous les deux ans.

B.3 Procédure préliminaire

B.3.1 Alignement

L'équipement pour l'essai doit être monté sur la machine de façon à ce que les forces s'exercent le long de l'axe de chargement.

B.3.2 Compensation thermique

Il faut laisser un temps suffisant à l'équipement d'essai pour atteindre une température stable. La température au début et à la fin de l'application de chaque série de forces doit être enregistrée. Le cas échéant, des corrections relatives à la température doivent être appliquées à la déformation des dispositifs d'épreuve.

B.3.3 Conditionnement de la machine

La machine d'essai sur des matériaux et l'équipement nécessaire à l'essai doivent fonctionner trois fois à vide du point zéro jusqu'au point maximal de la force à mesurer. L'indicateur de force de la machine doit ensuite être remis à zéro.

Un plateau à logement de rotule satisfaisant aux exigences de l'annexe A doit être réputé satisfaire à l'exigence relative à l'alignement des plateaux de la machine et des dispositifs d'épreuve. L'alignement ne fait l'objet d'aucune autre disposition supplémentaire ou auxiliaire.

B.4 Procédure d'étalonnage

B.4.1 Méthode

Choisir l'une des méthodes d'étalonnage suivantes :

a) force vraie : La machine doit être mise en marche pour équilibrer une force vraie donnée comme déterminé par l'équipement d'étalonnage. La force indiquée par la machine doit ensuite être notée ;

b) force indiquée : La machine doit être actionnée de façon à appliquer une force indiquée donnée, et la force vraie mesurée par l'équipement d'étalonnage doit être notée.

B.4.2 Sélection des forces d'essai

B.4.2.1 *Généralités*

Comme le nombre total des forces nécessaires à l'étalonnage d'une machine d'essai sur les matériaux est fonction du nombre de plages sur lesquelles la machine est conçue pour fonctionner, choisir le nombre correspondant des forces à partir des données de B.4.2.2 et B.4.2.3.

B.4.2.2 *Machine d'essai à plage simple*

Appliquer une série d'au moins cinq forces à peu près également réparties à partir de 20 % du maximum de la plage, ou de la limite inférieure d'étalonnage, la valeur la plus élevée doit être retenue.

Lorsque la limite inférieure de contrôle est située en dessous de 20 % du maximum de la fourchette, des forces supplémentaires peuvent être appliquées en dessous de 20 % de la graduation maximale, jusqu'à la limite inférieure d'étalonnage incluse. En travaillant en dessous des 20 % du maximum de la plage, les intervalles de forces ne doivent pas s'écarter de plus de 6 % de la force maximale.

B.4.2.3 *Machines d'essai à plages multiples*

Chaque plage doit faire l'objet d'une vérification comme décrit en B.4.2.2.

B.4.2.4 *Machines d'essai à affichage numérique automatique*

Appliquer une série d'au moins cinq forces à peu près régulièrement réparties, à partir de 20 % de la valeur maximale de l'indicateur numérique. Appliquer au moins une force supplémentaire par tranche de 6 % de la valeur maximale, en partant du point des 20 % en descendant jusqu'à la limite inférieure d'étalonnage (voir B.4.2.3). Vérifier au moins deux forces dans chaque partie de la plage où l'incrément de comptage reste le même.

B.4.3 Application des forces d'essai

B.4.3.1 *Mode opératoire*

Pour chaque plage, appliquer une série de forces en ordre croissant, et répéter chaque série afin d'obtenir trois séries de ces forces. La force doit cesser complètement après chaque série d'application. La valeur zéro doit s'afficher pendant au moins 30 s et au plus 2 min après la cessation de la force.

L'indicateur de force doit être remis à zéro une fois la force relâchée, la machine restant dans un état mécanique identique à celui avant l'application de la première série de forces.

Le cas échéant, l'indicateur de force doit être remis à zéro au début de chaque série de relevés, mais sans corriger les relevés déjà effectués.

NOTE Sur certaines machines, il peut s'avérer difficile de maintenir une force constante ; dans ce cas-là, il est possible d'effectuer des mesurages en augmentant lentement la force.

B.4.3.2 *Dispositif d'affichage de la valeur maximale*

Lorsque l'indicateur de force est équipé d'un dispositif d'affichage de la valeur maximale qui risque d'introduire une friction (comme par exemple un mécanisme d'arrêt de l'aiguille ou une aiguille entraînée), appliquer l'une des séries de forces, le dispositif étant actionné, pour chaque plage de la machine. La remise à zéro de l'affichage de l'indicateur de force doit se faire une fois ce dispositif arrêté.

B.4.3.3 *Indication de la force par pression hydraulique*

Pour les machines à piston hydraulique et les méthodes de mesurage de force dérivée de la pression hydraulique, la série des forces doit être appliquée trois fois, le piston étant dans une position normale de fonctionnement.

B.5 Calcul des résultats

À chaque force nominale, la répétabilité et l'erreur des résultats de chaque application de force doivent être calculées et exprimées en pourcentage de la force appliquée.

L'erreur de la force zéro de chaque série doit être calculée et exprimée en pourcentage de la force maximale de la plage de la machine.

Les forces indiquées par les machines d'essai ne doivent pas être corrigées de l'erreur de la force zéro.

B.6 Classes d'exactitude

B.6.1 Machines à plage unique

Un minimum de cinq forces consécutives, en partant du maximum à vérifier et en descendant, ne doivent pas dépasser les valeurs données au Tableau 1 pour une classe d'exactitude spécifique.

La classe d'exactitude ne s'applique pas à partir de la dernière force qui respecte ces exigences.

Il est possible d'attribuer plusieurs classes d'exactitude à une même plage. Cependant, chaque attribution de classe nécessite l'étude de toutes les forces du maximum au minimum. Ainsi, une classe d'exactitude plus précise ne doit pas être introduite pour couvrir une partie intermédiaire de la plage.

B.6.2 Machines à plages multiples

Une classe d'exactitude doit être attribuée à chaque plage, comme décrit dans B.6.1.

NOTE La résolution, et donc la limite inférieure d'étalonnage, peuvent changer lorsqu'une nouvelle plage est choisie.

Une machine munie d'un indicateur numérique automatique (c'est-à-dire un indicateur où les incréments de mesurage de la force indiquée changent automatiquement à des points donnés entre zéro et la valeur maximale affichée), doit être rangée dans la classe des machines à plage simple décrites en B.6.1. Cependant l'attribution d'une classe d'exactitude ne peut se faire que si, sur toute la plage, le rapport entre la force indiquée et les paliers de mesurage pour cette force n'est pas inférieur aux valeurs suivantes :

- 66,6 pour les machines de classe 3 ;
- 100 pour les machines de classe 2 ;
- 200 pour les machines de classe 1.

B.6.3 Constat de vérification

Une fois la classe d'exactitude d'une machine d'essai déterminée et vérifiée conformément à la présente annexe, un certificat mentionnant les points suivants doit être établi :

a) l'identité et l'emplacement de la machine d'essai ainsi que la date de la vérification ;

b) la résolution, la classe d'exactitude, le mode et la plage des forces de chaque système de mesurage étalonné ;

c) le cas échéant, tout système de mesurage de force qui n'a pas fait l'objet d'une vérification ;

d) la méthode de vérification choisie et l'identité, la classe d'exactitude et la date du certificat d'étalonnage de l'équipement d'essai utilisé ;

e) l'emploi ou non d'un dispositif d'affichage de la valeur maximale ;

f) la température moyenne de l'équipement d'essai au moment de l'étalonnage ;

g) le cas échéant, le type de papier graphique utilisé pendant la vérification ainsi qu'un mesurage précis de la largeur du papier.